



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 42 27 484 A 1

51 Int. Cl. 5:
C 07 C 31/04
C 07 C 29/151
// B 01 J 23/80, 21/02

21 Aktenzeichen: P 42 27 484.2
22 Anmeldetag: 20. 8. 92
43 Offenlegungstag: 30. 9. 93

DE 42 27 484 A 1

30 Innere Priorität: 32 33 31
28.03.92 DE 42 10 256.1

71 Anmelder:
Johnssen, Wolf, Dipl.-Phys. Dr., 8000 München, DE

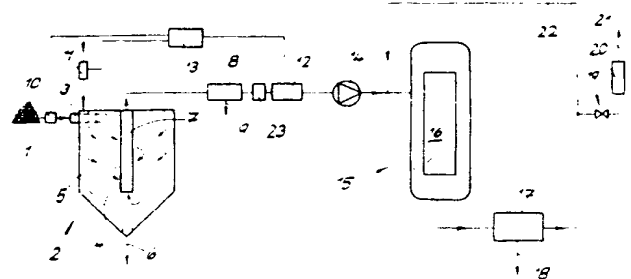
74 Vertreter:
Andrejewski, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Honke, M.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Masch, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.;
Albrecht, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte, 45127
Essen

72 Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Herstellung von Methanol aus Biorohstoffen

57 Es wird ein Verfahren zur Herstellung von Methanol aus Biorohstoffen angegeben, wobei die Kombination folgender Merkmale verwirklicht ist. Es werden Biorohstoffe eingesetzt, die von rohstoffbürtigem Schwefel ausreichend frei sind. In einem Oxidationsreaktor wird aus den Biorohstoffen mit einem sauerstoffhaltigen Vergasungsmittel durch Teiloxidation ein Biosynthesegas erzeugt, welches Kohlenmonoxid und Wasserstoff enthält. In dem Oxidationsreaktor wird ein Sauerstoff/Biorohstoff-Mengenverhältnis eingestellt und aufrechterhalten, welches ein Verhältnis der Differenz Wasserstoffanteil minus Kohlendioxidanteil dividiert durch den Kohlenoxidanteil im Biosynthesegas von 1,5 bis 2,5 gewährleistet. Das aus dem Oxidationsreaktor abgezogene Biosynthesegas wird in einem Abscheider von Schwebstoffen befreit. Das von Schwebstoffen befreite Biosynthesegas wird in einer Methanolsyntheseanlage mit Verdichter, Methanolreaktor, Katalysator, Methanolabscheider und Restgasrückführung zu Methanol umgesetzt.



DE 42 27 484 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 93 308 039/503

8/58

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Methanol aus Biorohstoffen. — Biorohstoffe bezeichnet regenerative Rohstoffe, die auf biologischem Wege kurzfristig gewonnen werden können, im Gegensatz zu fossilen Rohstoffen, welche wesentlich langsamer gebildet als verbraucht werden. Ein Biorohstoff kann mit prinzipiell noch intakter Zellstruktur, im dehydrierten Zustand oder mit weitgehend desintegrierter Struktur, beispielsweise als feines Pulver, zur Verfügung gestellt werden. Biorohstoffe können auch aus sogenanntem biologisch-organischen Müll anfallen. Biorohstoffe enthalten im wesentlichen die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff.

Aus der Praxis sind Verfahren zur Herstellung von Methanol bekannt, bei denen fossile Rohstoffe, beispielsweise Kohle, eingesetzt werden. Der fossile Rohstoff wird zunächst in ein Synthesegas umgewandelt, im Falle der Verwendung von Kohle mittels der Kohle-
druckvergasung. Dieses Synthesegas wird in einem sogenannten Nieder- oder Mitteldruckverfahren bei über 50 bar bis maximal 250 bar in Anwesenheit kupferhaltiger Katalysatoren zu Methanol umgesetzt. Restgas aus der Methanolumsetzung wird zum Synthesegas zurückgeführt. Drücke über 50 bar sind erforderlich, da die Reaktion von Kohlenoxiden mit Wasserstoff unter Volumenkontraktion abläuft und deshalb die Reaktionsgleichgewichte mit steigendem Druck in Richtung des Methanols verschoben werden. Da das Reaktionsgleichgewicht der Reaktion von Kohlenmonoxid mit Wasserstoff mit sinkender Temperatur ebenfalls in Richtung des Methanols verschoben wird, sind relativ niedrige Reaktionstemperaturen vorteilhaft, zur Erzielung ausreichender Umsatzraten sind jedoch die erwähnten Katalysatoren erforderlich. Die insofern bekannten Verfahren zur Herstellung von Methanol aus fossilen Rohstoffen haben sich zwar bewährt, sind jedoch sehr aufwendig und teuer. Zunächst sind fossile Rohstoffe, insbesondere Kohle, aufgrund der aufwendigen Gewinnung teuer, aber auch nur begrenzt verfügbar. Weiterhin müssen die fossilen Rohstoffe bzw. das aus ihnen erzeugte Synthesegas einer aufwendigen Konditionierung, insbesondere einer hochwirksamen Entschwefelung unterzogen werden, damit die kupferhaltigen Katalysatoren nicht durch schwefelhaltige Gase vergiftet bzw. deaktiviert werden und damit keine aus Umweltschutzgründen störenden Schwefelemissionen aus dem Prozeß entweichen. Schließlich variieren zwar die jeweiligen Wasserstoff- und Kohlenoxidanteile der erzeugten Synthesegase in Abhängigkeit von dem jeweils angewandten speziellen Verfahren zur Umwandlung des fossilen Rohstoffs in Synthesegas, sie sind jedoch bei einem speziellen Verfahren kaum ohne weiteres veränderbar bzw. optimierbar hinsichtlich möglichst hoher Ausbeuten bei der folgenden Methanolsynthese. Daher muß meist Kohlenoxid zum Synthesegas zugesetzt oder ein relativ ineffektiver Umsatz des Synthesegases zu Methanol hingenommen werden. Im übrigen muß das in großen Mengen anfallende schwefelhaltige Produkt der Entschwefelung entsorgt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Methanol anzugeben, das einen allseits, stets und billig verfügbaren Rohstoff nutzt, praktisch frei von Entsorgungs- oder Emissionsproblemen bezüglich Schwefel ist und das einfach und billig durchführbar ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe lehrt die Erfindung ein

Verfahren zur Herstellung von Methanol aus Biorohstoffen, wobei die Kombination folgender Merkmale verwirklicht ist: Es werden Biorohstoffe eingesetzt, die von rohstoff-bürtigem Schwefel ausreichend frei sind. In einem Oxidationsreaktor wird aus den Biorohstoffen mit einem sauerstoffhaltigen Vergasungsmittel durch Teiloxidation ein Biosynthesegas erzeugt, welches Kohlenmonoxid und Wasserstoff enthält. In dem Oxidationsreaktor wird ein Sauerstoff/Biorohstoff-Mengenverhältnis eingestellt und aufrechterhalten, welches ein Verhältnis der Differenz Wasserstoffanteil minus Kohlendioxidanteil dividiert durch den Kohlenoxidanteil im Biosynthesegas von 1,5 bis 2,8 gewährleistet. Das aus dem Oxidationsreaktor abgezogene Biosynthesegas wird in einem Abscheider von Schwebstoffen befreit. Das von Schwebstoffen befreite Biosynthesegas wird in einer Methanolsyntheseanlage mit Verdichter, Methanolreaktor, Katalysator, Methanolabscheider und Restgasrückführung zu Methanol umgesetzt. — Ein Biorohstoff ist von rohstoff-bürtigem Schwefel im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens ausreichend frei, wenn der Schwefelgehalt des daraus erzeugten Biosynthesegases für den Betrieb der Methanolsyntheseanlage, insbesondere der Katalysatoren, tolerierbar ist. Liegt er höher, so kann eine Entschwefelung mit Hilfe einer üblichen Entschwefelungsmaßnahme zwischengeschaltet werden. Bei der Teiloxidation von Biorohstoffen wird unter Zugabe eines sauerstoffhaltigen Vergasungsmittels, beispielsweise technischer Sauerstoff und/oder Luft und/oder Wasserdampf, so weit und nicht weiter oxidiert, daß gebundener Wasserstoff zu molekularem Wasserstoff umgewandelt wird. Teiloxidation meint also mit anderen Worten, daß im wesentlichen eine Oxidation von Kohlenstoffverbindungen zu Kohlenoxiden erfolgt. Bezüglich des Wasserstoffs kann dagegen sogar eine Reduktion stattfinden. Hierzu darf das Sauerstoff/Biorohstoff-Mengenverhältnis einen oberen Grenzwert nicht überschreiten. Meist enthält das erzeugte Biosynthesegas neben den Hauptbestandteilen Kohlenmonoxid und Wasserstoff geringere Mengen Kohlendioxid. Wird Wasserdampf als Vergasungsmittel verwendet, so kann der Anteil an CO₂ vergleichsweise etwas höher liegen. In jedem Fall ist der Methananteil gering. Selbstverständlich kann das Biosynthesegas auch molekularen Stickstoff enthalten, wenn Luft als Vergasungsmittel eingesetzt wird.

Die Erfindung nutzt eine Reihe von Erkenntnissen. Zum ersten wird genutzt, daß Biorohstoffe billig und allseits zur Verfügung stellbare, energiereiche Rohstoffe sind, welche ohne besondere Maßnahmen praktisch schwefelfrei gewonnen werden können. Zum zweiten ist festgestellt worden, daß die Zusammensetzung eines Biosynthesegases durch Variation des Sauerstoff/Biorohstoff-Mengenverhältnisses bei der Teiloxidation in einem relativ weiten Bereich gesteuert werden kann. Relativ viel Sauerstoff führt zu einem Biosynthesegas mit vergleichsweise hohem Kohlenoxidanteil, auch Kohlendioxid, und geringerem Wasserstoffanteil, während wenig Sauerstoff zu einem vergleichsweise hohem Wasserstoffanteil mit relativ niedrigem Kohlenoxid-(Kohlenmonoxid-)Anteil führt. Im letzteren Fall entsteht bei der Teiloxidation neben dem Biosynthesegas organische Kohle, die nach geeigneter Nachbehandlung als wertvolle Aktivkohle nutzbar ist. Jedenfalls läßt sich die Teiloxidation so steuern, daß eine zur Methanolsynthese optimale Stöchiometrie der Wasserstoffanteile und Kohlenoxidanteile einstellbar ist.

Die Vergasung von Biorohstoffen in Oxidationsreak-

toren zu einem Synthesegas ist an sich und für sich bekannt. Entsprechende Verfahren sind in den Patentanmeldungen P 42 03 997.5, P 42 01 979.6 und P 42 01 983.4 beschrieben. Geeignete Oxidationsreaktoren sind in den Patentanmeldungen P 42 01 981.8 und P 42 01 982.6 angegeben. Keine dieser Patentanmeldungen betrifft jedoch die Herstellung von Methanol aus Biorohstoffen. Ein Verfahren zur Herstellung von Dimethylether aus Biorohstoffen ist in der Patentanmeldung P 42 04 901.6 beschrieben.

Vorteilhafterweise werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren als Biorohstoffe Pflanzen, insbesondere C₄-Pflanzen eingesetzt. Typische Vertreter sind perennierende C₄-Schilfpflanzen. C₄-Pflanzen lassen sich schnell und billig heranziehen und weisen praktisch keinen Schwefel auf.

Optimale stöchiometrische Verhältnis bei der Methanolsynthese bezüglich der Reaktionen Wasserstoff plus Kohlenmonoxid und Wasserstoff plus Kohlendioxid zu Methanol werden gewährleistet, wenn in dem Oxidationsreaktor ein Sauerstoff/Biorohstoff-Mengenverhältnis eingestellt und aufrechterhalten wird, welches ein Verhältnis der Differenz Wasserstoffanteil minus Kohlendioxidanteil dividiert durch den Kohlenoxidanteil im Biosynthesegas von 1,8 bis 2,5, vorzugsweise 2,0 bis 2,2, gewährleistet. Dies ist vorteilhaft einrichtbar, wenn die Anteile von Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid im Biosynthesegas mit Gassensoren gemessen und in elektrische Signale umgewandelt werden, die elektrischen Signale einer Steuereinheit zugeführt werden, die elektrischen Signale in der Steuereinheit mit Sollwertvorgaben verglichen werden, und das Sauerstoff-/Biorohstoff-Verhältnis nach Maßgabe der Vergleichsergebnisse von der Steuereinheit mittels Mengenregler gesteuert wird.

Vorteilhafterweise wird das Biosynthesegas vor der Umsetzung in der Methanolsyntheseanlage in einem Mineralstoffabscheider von metallhaltigen, insbesondere alkali- und erdalkalimetallhaltigen, Mineralstoffen befreit. Die in Pflanzen enthaltenen Mineralstoffe, insbesondere Natrium und Kalium, stören bei Freisetzung im Biosynthesegas, da diese Mineralstoffe sich auf dem Katalysator der Methanolsyntheseanlage niederschlagen können und eine Vergiftung bzw. Desaktivierung bewirken können. Auch ist es möglich, daß der Katalysator der Methanolsyntheseanlage zwar nicht vergiftet wird, daß jedoch mit Aufnahme von Alkali- und Erdalkaliverbindungen die Bildung höherer Alkohole wie Ethanol, Propanol und Butanol anstelle von Methanol gefördert und somit die Methanolausbeute verringert wird.

Der Aufwand und die Kosten für die Verdichtung des Biosynthesegases zur Methanolsynthese können vergleichsweise niedrig gehalten werden, indem das Biosynthesegas zur Methanolsynthese auf 50 bis 250 bar, vorzugsweise 50 bis 100 bar, verdichtet wird. Wird die Methanolsynthese bei diesen Drücken durchgeführt, so werden vorteilhaft für die Umsetzung des Biosynthesegases zu Methanol Kupfer/Zink-Katalysatoren mit Aluminium eingesetzt.

Da aus thermodynamischen Gründen ein vollständiger Umsatz des Biosynthesegases zu Methanol prinzipiell nicht möglich ist, entsteht nach der Abscheidung von Methanol ein Restgas, welches noch verwertbaren Wasserstoff und verwertbares Kohlenmonoxid enthält. Dieses Restgas wird daher zum Biosynthesegas zurückgeführt. Überschüssiges Restgas wird vorteilhafterweise zur Erzeugung der gegebenenfalls erforderlichen

Prozeßwärme verwertet.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann bezüglich der Teiloxidation in dem Oxidationsreaktor in verschiedenen Ausführungsformen betrieben werden. In einer Ausführungsform wird die Teiloxidation unter Zufuhr von extern erzeugter Wärme und mit einem im wesentlichen Wasserdampf enthaltenden Vergasungsmittel durchgeführt. Diese Verfahrensweise ist in anderem Zusammenhang als allotherme Vergasung bekannt. Die Zufuhr von extern erzeugter Wärme ist bei einer allothermen Vergasung erforderlich, da die Reaktion von Biorohstoff mit Wasserdampf zu Biosynthesegas insgesamt endotherm ist. Die Wärme für die Teiloxidation kann dabei vorzugsweise durch Verbrennung von Biorohstoff, von Biosynthesegas oder von überschüssigem Restgas aus der Methanolsynthese erzeugt werden. Vorteilhafterweise wird die Wärme für die Teiloxidation mittels eines üblichen Wärmeträgergases über einen Wärmetauscher in den Oxidationsreaktor eingetragen.

In einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Teiloxidation ohne Zufuhr von extern erzeugter Wärme und mit einem im wesentlichen Wasserdampf und molekularen Sauerstoff bzw. Luft enthaltenden Vergasungsmittel durchgeführt. Diese Verfahrensweise ist in anderem Zusammenhang als autotherme Vergasung bekannt. Dabei erfolgen mit dem Anteil molekularen Sauerstoffs im Vergasungsmittel exotherme Oxidationsreaktionen, wodurch "in situ" die erforderliche Wärme für die endotherme Reaktion von Wasserdampf und Biorohstoff entsteht.

Eine autotherme oder allotherme Vergasung ist grundsätzlich bekannt aus der Literaturstelle "Stahl und Eisen", Band 110, 1990, Nr. 8, Seiten 131 bis 136, jedoch in anderem Zusammenhang. Die insofern bekannte autotherme oder allotherme Vergasung bezieht sich auf die Erzeugung eines Brauchgases aus Kohle. Diese Literaturstelle gibt jedoch keinerlei Hinweise, inwiefern ein Biosynthesegas autotherm oder allotherm aus Biorohstoffen erzeugt werden kann.

In einer weiteren Ausführungsform erfolgt bei den erfindungsgemäßen Verfahren die Teiloxidation der Biorohstoffe in dem Oxidationsreaktor thermisch z. B. mit Luft als Vergasungsmittel. Die Verwendung von Luft als Vergasungsmittel ist ohne weiteres möglich, sofern die thermodynamischen Rahmenbedingungen bezüglich des Sauerstoff/Biorohstoff-Mengenverhältnisses beachtet werden. Luft ist allseits verfügbar und billig.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigt die einzige Figur Fig. 1 das Schema einer Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Aus Pflanzen, insbesondere aus C₄-Pflanzen, wird ein zerstückelter und getrockneter Biorohstoff 1 hergestellt. Der Biorohstoff 1 wird einem Reaktionsraum 4 eines Oxidationsreaktors 2, welcher im Ausführungsbeispiel als Drallstromreaktor ausgeführt ist, über einen Mengenregler 10 und ein Drallrohr 3 zugeführt. Einer Prozeßsteuerungskammer 5 des Oxidationsreaktors 2 wird über einen Mengenregler 11 sauerstoffhaltiges Vergasungsmittel zugeführt. Das sauerstoffhaltige Vergasungsmittel kann molekularen Sauerstoff allein oder als Wasser gebundenen Sauerstoff allein enthalten, kann aber auch sowohl molekularen Sauerstoff als auch als Wasser gebundenen Sauerstoff enthalten. Teilweise oder vollständig oxidiertes fester Biorohstoff 1 wird der

Ascheableitung 6 entnommen. Das Biosynthesegas wird der Biosynthesegassammelleitung 7 entnommen und einem Abscheider 8 zugeführt. In dem Abscheider 8 wird das Brennstoffgas von Schwebstoffen befreit, welche in der Schwebstoffsammelleitung 9 getrennt abgeführt werden. Das Biosynthesegas wird dann durch einen Mineralstoffabscheider 23, beispielsweise einen Gaswäscher, geleitet, wobei insbesondere Natrium und Kalium aus dem Biosynthesegas entfernt werden. Die Anteile an Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid im Biosynthesegas werden mittels Gassensoren 12 gemessen und in elektrische Signale umgewandelt. Diese elektrischen Signale werden einer Steuereinheit 13 zugeführt, in welcher ein Vergleich mit Sollwertvorgaben, beispielsweise aus der Methanolsynthese, stattfindet. Nach Maßgabe der Vergleichsergebnisse werden die Mengenregler 10, 11 gesteuert. Dabei erfolgt die Steuerung so, daß ein Verhältnis der Differenz Wasserstoffanteil minus Kohlendioxidanteil dividiert durch den Kohlenoxidanteil zwischen 2,0 und 2,2 gewährleistet ist. Das schwebstoff- und mineralstofffreie Biosynthesegas wird mittels eines Verdichters 14 auf einen Druck von 60 bar verdichtet. Das verdichtete Biosynthesegas wird dann einem Methanolreaktor 15 zugeführt, welcher mit einem Kupfer /Zink-Katalysator mit Aluminium 16 ausgerüstet ist. Aus dem dem Methanolreaktor 15 entströmenden Gemisch wird das Methanol in einem Methanolabscheider 17 abgeschieden und über eine Methanolsammelleitung 18 abgeführt. Der nicht umgesetzte Anteil des Biosynthesegas entströmt dem Methanolabscheider 17 und wird über eine Restgasrückführung 22 zum Methanolreaktor 15 zurückgeführt. Überschüssiges Restgas kann mittels eines Überdruckventils 19 abgelassen werden und wird in einem Wärmeerzeuger 20 zur Erzeugung der gegebenenfalls erforderlichen Prozeßwärme verbrannt. Das Verbrennungsabgas wird über eine Abgasleitung 21 an die Umgebung abgegeben, wobei besonders niedrige Schadstoffanteile gewährleistet sind. Insbesondere ist das Verbrennungsabgas praktisch schwefelfrei. Es versteht sich, daß beim erfindungsgemäßen Verfahren zusätzlich eine Mehrzahl von Wärmetauschern eingesetzt werden, welche aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht gezeichnet wurden.

Es versteht sich, daß im Rahmen der Erfindung freiverwendende Wärme auf geeignete Weise in das erfindungsgemäße Verfahren rückgekoppelt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Methanol aus Biorohstoffen (1), wobei die Kombination folgender Merkmale verwirklicht ist:
 - a) es werden Biorohstoffe (1) eingesetzt, die von rohstoffbürtigem Schwefel ausreichend frei sind,
 - b) in einem Oxidationsreaktor (2) wird aus den Biorohstoffen (1) mit einem sauerstoffhaltigen Vergasungsmittel durch Teiloxidation ein Biosynthesegas erzeugt, welches Kohlenmonoxid und Wasserstoff enthält,
 - c) in dem Oxidationsreaktor (2) wird ein Sauerstoff/Biorohstoff-Mengenverhältnis eingestellt und aufrechterhalten, welches ein Verhältnis der Differenz Wasserstoffanteil minus Kohlendioxidanteil dividiert durch den Kohlenoxidanteil im Biosynthesegas von 1,5 bis 2,8 gewährleistet,

d) das aus dem Oxidationsreaktor (2) abgezogene Biosynthesegas wird in einem Abscheider (8) von Schwebstoffen befreit,

e) das von Schwebstoffen befreite Biosynthesegas wird in einer Methanolsyntheseanlage mit Verdichter (14), Methanolreaktor (15), Katalysator (16), Methanolabscheider (17) und Restgasrückführung (22) zu Methanol umgesetzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei als Biorohstoffe (1) Pflanzen, insbesondere C₄-Pflanzen, eingesetzt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei in dem Oxidationsreaktor (2) ein Sauerstoff/Biorohstoff-Mengenverhältnis eingestellt und aufrechterhalten wird, welches ein Verhältnis der Differenz Wasserstoffanteil minus Kohlendioxidanteil dividiert durch den Kohlenoxidanteil im Biosynthesegas von 1,8 bis 2,5, vorzugsweise 2,0 bis 2,2, gewährleistet.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Anteile Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid im Biosynthesegas mit Gassensoren (12), gemessen und in elektrische Signale umgewandelt werden, die elektrischen Signale einer Steuereinheit (13) zugeführt werden, die elektrischen Signale in der Steuereinheit (13) mit Sollwertvorgaben verglichen werden und das Sauerstoff/Biorohstoff-Mengenverhältnis nach Maßgabe der Vergleichsergebnisse von der Steuereinheit (13) mittels Mengenregler (10, 11) gesteuert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Biosynthesegas vor der Umsetzung in der Methanolsyntheseanlage in einem Mineralstoffabscheider (23) von metallhaltigen, insbesondere alkali- und erdalkalimetallhaltigen Mineralstoffen befreit wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Biosynthesegas zur Methanolsynthese mit dem Verdichter (14) auf 50 bis 250 bar, vorzugsweise 50 bis 100 bar, verdichtet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Umsetzung des Biosynthesegas zu Methanol in Gegenwart eines Kupfer/Zink-Katalysators mit Aluminium (16) durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das der Restgasrückführung (22) entnommene überschüssige Restgas in einem Wärmeerzeuger (20) zur Erzeugung von Prozeßwärme verwertet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Teiloxidation unter Zufuhr von extern erzeugter Wärme und mit einem im wesentlichen Wasserdampf enthaltenden Vergasungsmittel durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Wärme für die Teiloxidation durch Verbrennung von Biorohstoff (1) extern erzeugt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Wärme für die Teiloxidation durch Verbrennung von Biosynthesegas extern erzeugt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Wärme für die Teiloxidation durch Verbrennung von überschüssigem Restgas aus der Methanolsynthese extern erzeugt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die extern erzeugte Wärme für die Teiloxidation mittels eines üblichen Wärmeträgergases über einen Wärmetauscher in den Oxidationsreak-

tor (2) eingetragen wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Teiloxidation ohne Zufuhr von extern erzeugter Wärme und mit einem im wesentlichen Wasserdampf und molekularen Sauerstoff bzw. Luft enthaltenden Vergasungsmittel durchgeführt wird. 5

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Teiloxidation der Biorohstoffe (1) in dem Oxidationsreaktor (2) thermisch z. B. mit Luft als Vergasungsmittel erfolgt. 10

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

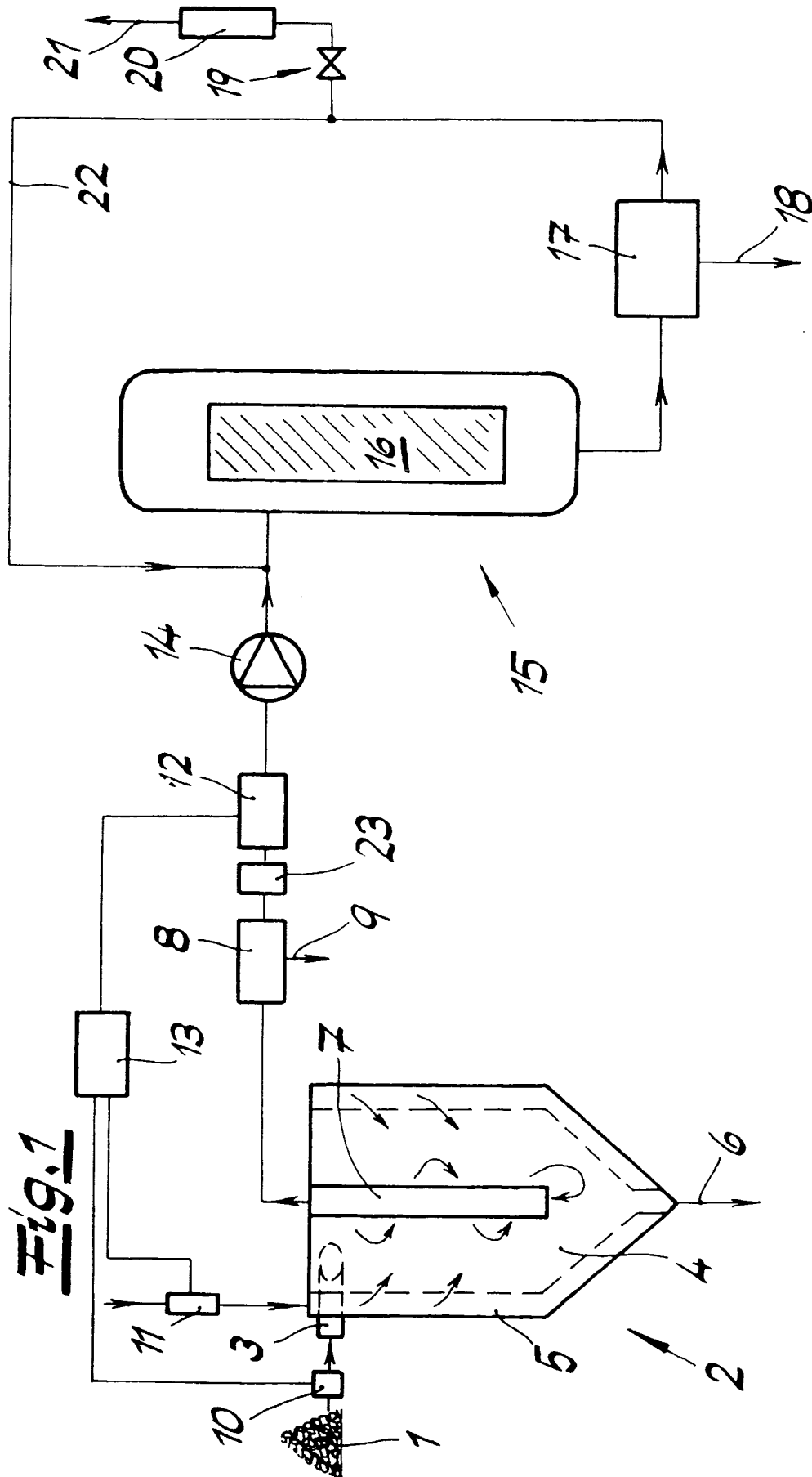


Fig. 1